

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

TASSIUS MENEZES ARAÚJO

**QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME DESTINADO PARA PRODUÇÃO DE CELULOSE E
MADEIRA PARA SERRARIA EM PLANTIOS ACIMA DE 12 ANOS DE *Eucalyptus*
urograndis.**

CURITIBA

2018

TASSIUS MENEZES ARAÚJO

**QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME DESTINADO PARA PRODUÇÃO DE CELULOSE E
MADEIRA PARA SERRARIA EM PLANTIOS ACIMA DE 12 ANOS DE *Eucalyptus*
urograndis.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná como requisito parcial à obtenção do título de MBA em Gestão Florestal.

Orientador: Prof. Nelson Yoshihiro Nakajima
Co-orientadora: Msc. Isabele Sena Mendonça

CURITIBA

2018

RESUMO

A indústria de celulose vive em constante expansão no Brasil utilizando sempre de métodos técnicos e práticos que contribuem com o processo de silvicultura, colheita e produção final. Considerada a importância das florestas plantadas de eucalipto, principal insumo para a indústria de celulose e outros produtos madeireiros, o planejamento do volume e da quantidade a ser destinada a essa produção vive em constante ajuste. O presente estudo foi realizado com o objetivo de ajustar e validar uma equação para cálculo de volume, a partir do modelo logaritmizado de *Schumacher & Hall* (1933), visando estimar o volume de madeira de eucalipto para fins comerciais, bem como uma equação de afilamento, a partir do modelo de *Kozak et al.* (1969), para estimar a quantidade de madeira destinada à produção de celulose e serraria, já que o tronco possui variações de diâmetros que impactam diretamente na classificação desta matéria prima para sua utilização final. Para tanto, foram realizados inventários florestais em povoamentos de *Eucalyptus urograndis* com idades superiores a 12 anos, localizados na região centro-leste do estado de Minas Gerais, na Bacia Hidrográfica do Rio Doce. Foram cortadas 5 árvores por classe de diâmetro, em 7 diferentes tipos de povoamentos, com variações de classes. Os resultados mostraram que mesmo diante das diversas variáveis, tanto a equação de volume como a de afilamento ajustaram-se bem em relação aos recursos utilizados, já que permitiu identificar com maior precisão a qualidade e o real volume de madeira a ser destinado à fabricação de celulose, avaliado a partir da floresta em pé.

Palavras Chaves: inventário florestal, modelos volumétricos, função de afilamento, sortimento.

ABSTRACT

The pulp industry is constantly expanding in Brazil, always using technical and practical methods that contribute to the process of silviculture, harvest and final production. Considering the importance of eucalyptus planted forests, the main input for the pulp and other wood industry products, the planning of the volume and the quantity to be destined to this production lives in constant adjustment. The present study was carried out with the objective of adjusting and validating an equation for volume calculation, using the logarithmized model of Schumacher & Hall (1933), to estimate the volume of eucalyptus wood for commercial purposes, as well as a tapering equation, from the model of Kozak et al. (1969), to estimate the amount of wood destined to the production of pulp and sawmill, since the trunk has variations of diameters that directly impact the classification of this raw material for its final use. For this, forest inventories were carried out in *Eucalyptus urograndis* stands aged over 12 years, located in the central-eastern region of the state of Minas Gerais, in the Rio Doce River Basin. Five trees were cut by diameter class, in 7 different types of stands, with class variations. The results showed that even with the various variables, both the volume and *taper* equations adjusted well in relation to the resources used, since it allowed to identify more accurately the quality and the real volume of wood to be destined to the manufacture of cellulose, evaluated from the standing forest.

Key words: forest inventory, volumetric models, tapering function, assortment.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. OBJETIVOS	8
2.1 OBJETIVO GERAL	8
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	9
3.2 DEFINIÇÃO E CUBAGEM RIGOROSA.....	9
3.3 AJUSTE E ANÁLISE DA EQUAÇÃO DE VOLUME.....	11
3.4 AJUSTE E ANÁLISE DA EQUAÇÃO DE AFILAMENTO.....	11
3.5 AMOSTRAGEM E COLETA DE DADOS.....	12
3.6 ALTURA.....	13
3.7 SORTIMENTO.....	13
4. RESULTADOS	15
4.1 DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA	15
4.2 MODELOS VOLUMÉTRICOS	16
4.3 MODELO DE AFILAMENTO	17
4.4 INVENTÁRIO PROCESSADO E SORTIMENTOS.....	18
5. CONCLUSÃO.....	20
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

1. INTRODUÇÃO

A história da silvicultura brasileira está intimamente ligada ao desenvolvimento da indústria nacional de base florestal. No final da década de 1950, o esforço de planejamento do Estado brasileiro para promover o desenvolvimento econômico materializou-se no Plano de Metas, o qual elegia cinco áreas prioritárias para destinação de investimentos e fixava objetivos a serem atingidos em cinco anos (ABTCP, 2015, p. 20).

Ainda na fase de maturação do negócio florestal no Brasil, constatou-se uma rápida expansão e diversificação da indústria de base florestal, podendo-se destacar o crescimento das de celulose/papel e siderurgia a carvão vegetal, bem como o desenvolvimento da indústria de painéis reconstituídos. Além disso, a produção de serrados e laminados a partir de madeira de plantios florestais substituiu o uso de madeira de florestas nativas (ABTCP, 2015, p. 22).

Um dos fatores do sucesso dos empreendimentos florestais no Brasil é resultado da produtividade das árvores plantadas no país.

A figura 1 compara as produtividades médias dos países destaques em produção de florestas plantadas no ano de 2015.

De acordo com SILVA (1996), a posição privilegiada que o Brasil ocupa em termos de florestas plantadas, com relação a outros países, é devida a uma série de vantagens comparativas, a saber:

- a) o país possui grande extensão territorial, com disponibilidade de terras para reflorestamentos;
- b) as condições de solo e clima são favoráveis ao cultivo de espécies florestais;
- c) as árvores atingem a idade de corte mais rapidamente do que nos países de clima temperado ou frio;
- d) o país já possui, em determinados segmentos, por exemplo no de celulose e papel, tecnologia adequada e competitiva, bem como infraestrutura desenvolvida.

Diante de toda demanda existente e das potencialidades territoriais do Brasil, a cobertura florestal de eucalipto atingiu 5,6 milhões de hectares em 2015 (IBÁ, 2016, p.72), sendo o estado de Minas Gerais com maior participação (25%).

Com papel de destaque no desenvolvimento do setor florestal brasileiro encontra-se a indústria de celulose e papel. O Brasil ocupa a quarta posição entre os produtores mundiais de polpa celulósica. Segundo dados constantes do Relatório Anual IBÁ (2016), a produção brasileira de polpa celulósica em 2015 foi de 17,4 milhões de toneladas. Esta produção está baseada na utilização de madeira proveniente de florestas plantadas, principalmente do gênero *Eucalyptus*, que representa a maior parte dessa produção.

O crescimento da demanda por produtos florestais nas últimas décadas, incentivou o setor florestal brasileiro a utilizar modelos cada vez mais precisos nas estimativas de produção madeireira. Dentre os modelos, destacam-se os modelos de afilamento, considerados flexíveis por possibilitarem estimar o diâmetro a uma altura qualquer do tronco, a altura comercial relativa a um diâmetro mínimo de uso, bem como o volume parcial ou total do fuste, via integração da área das seções do tronco (Husch et al., 1972).

Os modelos de afilamento foram desenvolvidos para serem aplicados em florestas plantadas puras e florestas naturais mistas em países de clima temperado, para determinação dos volumes comercial e total, altura comercial e diâmetro superior (Kozak et al., 1969; Demaerschalk, 1972; Goulding & Murray, 1976; Burkhart, 1977; Biging, 1984).

As empresas de celulose possuem limitações de diâmetro das toras nos picadores, sendo assim, os estudos de afilamento possuem especial, pois possibilitam definir os multiprodutos de um mesmo tronco para o processamento industrial, aumentando, conseqüentemente, seu aproveitamento e auxiliando para uma destinação mais nobre para as madeiras que não servem para o processo de celulose.

Além disso, com o mercado cada vez mais competitivo e exigente, não tem sido mais suficiente calcular somente o volume das árvores de um povoamento, ou seja, tornou-se necessário estimar o volume de suas porções e classificá-las por multiprodutos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Ante ao exposto, o objetivo geral do presente trabalho será ajustar equações de volume e de afilamento que subsidiem na definição de multiprodutos, que proporcionem estimativas de resultados coerentes e aceitáveis estatisticamente, para totalização do volume de acordo com os sortimentos. Em especial, o volume para celulose, que é o produto principal da empresa.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Obter a distribuição diamétrica dos indivíduos avaliados; propor alternativas que auxiliem na definição de multiprodutos de madeiras a partir da floresta em pé; ajustar um modelo de regressão visando estimar volume total das árvores; e ajustar um modelo de afilamento que estime o volume ao longo do tronco de acordo com os sortimentos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em plantios de *Eucalyptus urograndis* com idades superiores a 12 anos e espaçamento 3,0 x 3,0m. A área total de coleta dos dados foi de 4.232,67ha, localizados na região centro-leste do estado de Minas Gerais, na Bacia Hidrográfica do Rio Doce. Região onde o clima predominante é o tropical de altitude, com temperaturas variando entre 18°C e 30°C, índice pluviométrico médio de 1200 mm por ano e chuvas concentradas de novembro a março. Os dois biomas principais são cerrado e mata atlântica, enquanto o relevo é acidentado e sua topografia apresenta grande diversidade morfológica.

Vale ressaltar que, na área objeto deste estudo, não há realização de desbastes e/ou quaisquer intervenções recomendadas para plantios de eucalipto destinados a produção de madeira serrada.

3.2 DEFINIÇÃO E CUBAGEM RIGOROSA

O conhecimento das características qualitativas e quantitativas desses povoamentos florestais é importante para avaliar a produção e obter informações que permitam a sua melhor utilização. Este conhecimento é possível por meio do inventário florestal, utilizando-se de técnicas estatísticas de amostragem.

A inferência a partir de uma amostra resulta em um erro de amostragem que é função da sua intensidade, tamanho, forma e do processo utilizado. De fato, um bom sistema de amostragem é aquele que fornece estimativas precisas a um menor custo.

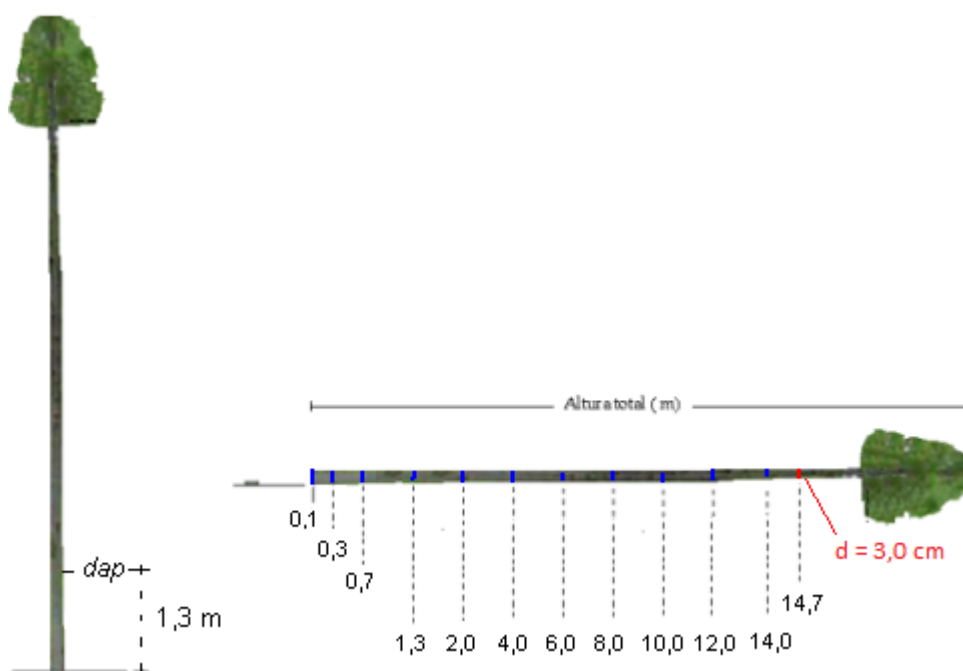
Antes de estimar qualquer característica da população, é necessário obter volume de árvores individuais e isso requer o uso de equações volumétricas, geradas a partir de dados de árvores abatidas de modo seletivo (cubagem).

Para realizar a cubagem, foram abatidas 5 árvores por classe de diâmetro em 7 diferentes tipos de povoamentos. Sendo que essas classes variaram de 5,0cm até 65,0cm e com amplitude de 3cm, totalizando 700 árvores cubadas.

Tendo em vista que os troncos das árvores dificilmente apresentaram uma mesma forma, para obtenção do volume real foi necessário a utilização de fórmulas aproximativas, baseadas no princípio de que os volumes são gerados a partir do somatório dos produtos das áreas seccionais médias pelo comprimento dos troncos.

Para tal, foram medidos os diâmetros nas alturas de 0,10m; 0,30m; 0,70m; 1,30m; 2,00m; 4,00m; mantendo a amplitude de 2 em 2m até atingir o ponto referente a altura comercial da árvore (3,0cm de diâmetro). Figura 2.

FIGURA 2 – ALTURAS ONDE FORAM COLETADOS OS DIÂMETROS



FONTE: O AUTOR

Por meio da fórmula de *Smalian*, dada por $V = L * (g_1 + g_2) / 2$, em que g_1 e g_2 são as áreas seccionais nas extremidades 1 e 2 do tronco e L é o comprimento do mesmo, obtemos o volume para cada tora, que somados, resultam no volume real da árvore.

3.3 AJUSTE E ANÁLISE DA EQUAÇÃO DE VOLUME

Uma vez obtidos os dados de cubagem, o passo seguinte consiste em ajustar os modelos volumétricos. O modelo volumétrico mais utilizado para esta finalidade é o modelo de Schumacher e Hall (1933), conforme apresentado a seguir:

$$\ln V = \beta_0 + \beta_1 \ln(dap) + \beta_2 \ln(Ht) + \varepsilon$$

Em que,

V = volume real do fuste, em m^3 ;

dap = diâmetro com casca a 1,3 metros de altura do solo, em cm;

Ht = altura total, em m;

\ln = logaritmo neperiano;

β_i = parâmetros do modelo a serem estimados;

ε = erro aleatório, $\varepsilon \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$;

3.4 AJUSTE E ANÁLISE DA EQUAÇÃO DE AFILAMENTO

As equações de afilamento são muito utilizadas por permitirem o sortimento de uma árvore, para diferentes comprimentos de toras em um mesmo diâmetro comercial ou para um mesmo comprimento de toras com diferentes diâmetros comerciais. Isto implica em conhecer o volume e o número de toras em uma árvore.

O modelo escolhido para o presente estudo foi de Kozak et al. (Polinômio de Segundo Grau), muito utilizado para estimativa do volume de porções do fuste. É considerado por alguns autores como o modelo mais utilizado para tais cálculos (CAMPOS & LEITE, 2006, apud MIGUEL, 2009). Este modelo é facilmente ajustado e possui alta precisão em suas estimativas, sendo também conhecido como a função parabólica de Kozak et al. (1969). É representado por:

$$\left(\frac{di}{DAP}\right)^2 = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{hi}{H}\right) + \beta_2 \left(\frac{hi}{H}\right)^2$$

Onde,

d_i = diâmetro comercial correspondente a qualquer altura especificada (cm);

DAP = diâmetro à altura do peito (cm);

H = altura total do fuste (m);

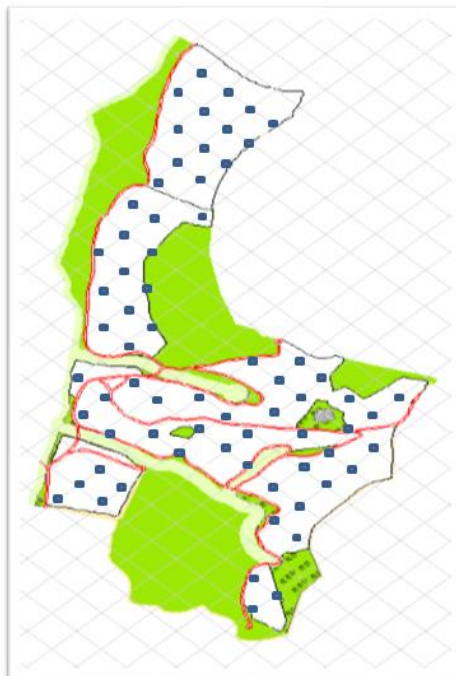
h_i = altura comercial especificada (m);

β_i = parâmetros a serem estimados;

3.5 AMOSTRAGEM E COLETA DE DADOS

O sistema de amostragem foi composto por parcelas temporárias, utilizadas somente para determinação momentânea dos recursos florestais. A distribuição das parcelas foi sistemática, ou seja, seleção de unidades amostrais a partir de um esquema rígido e preestabelecido de sistematização, com o propósito de cobrir a população, em toda a sua extensão, e obter um modelo simples e uniforme (Figura 3).

FIGURA 3 – DISTRIBUIÇÃO DAS PARCELAS DE INVENTÁRIO.



FONTE: O AUTOR

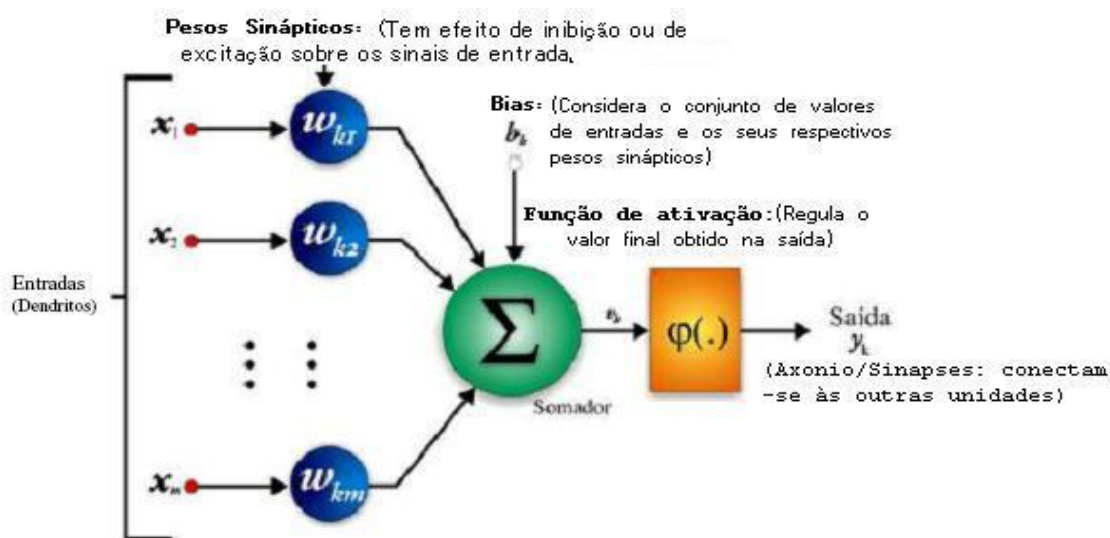
Foram lançadas 1796 parcelas com comprimento de 20,0m e largura de 15,0m, totalizando 300m² que foi corrigido de acordo com a declividade do terreno. Nas parcelas foram medidos os diâmetros a 1,30m do solo de todas as árvores e altura das três primeiras.

3.6 ALTURA

Foram medidas apenas a altura de 3 árvores por parcela e as demais foram estimadas com redes neurais, que consistem em técnicas computacionais que apresentam um modelo matemático inspirado na estrutura neural de organismos inteligentes.

Estes modelos estão sendo utilizados para estimar parâmetros dos povoamentos florestais, entre eles, a altura das árvores. Figura 4.

FIGURA 4 – ILUSTRA O FUNCIONAMENTO DAS REDES NEURAIS



FONTE: Binoti (2010).

3.7 SORTIMENTO

O diâmetro mínimo comercial considerado para este trabalho, devido as limitações do picador da fábrica de celulose, foi de três centímetros. É importante ressaltar que o diâmetro mínimo comercial é subjetivo para cada trabalho realizado e deve seguir os objetivos a serem alcançados.

Os produtos madeireiros disponíveis para comercialização foram determinados de acordo com a classificação exposta na Tabela 1, conforme segue.

TABELA 1. CLASSIFICAÇÃO DOS PRODUTOS MADEIREIROS

Diâmetro (cm)	Produto
Menor que 3	Resíduo
Entre 3 e 40	Torete para Celulose
Maior que 40	Tora para Serraria

FONTE: O AUTOR

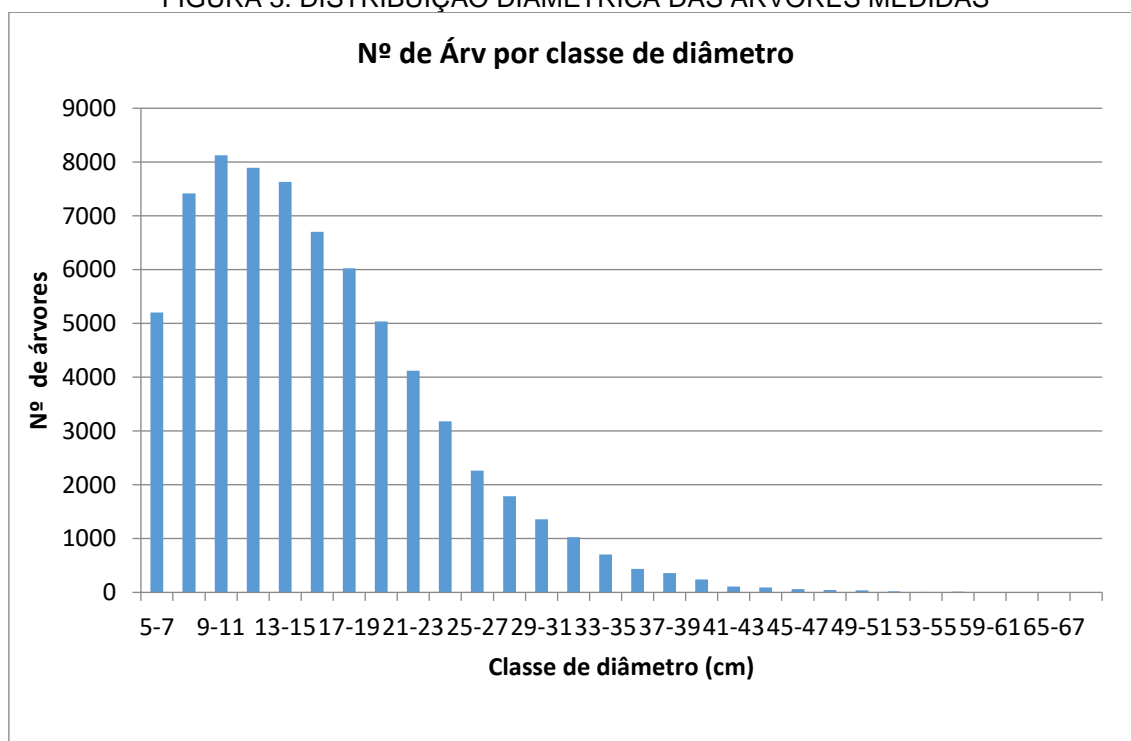
Após a função de afilamento ser escolhida, foi possível obter o volume para cada produto existente, integrando a função e, assim, obter o volume total e dos múltiplos produtos de forma individual.

4. RESULTADOS

4.1 DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA

Conhecer a estrutura diamétrica de uma floresta é importante, pois permite obter informações sobre a produção e estoque de madeira, além de tomar decisões sobre a necessidade de reposição florestal (NETTO, 2008). Foi realizada a distribuição diamétrica das 69.913 árvores medidas no campo (Figura 3).

FIGURA 3. DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DAS ÁRVORES MEDIDAS



FONTE: O AUTOR

Foram obtidas 30 classes de diâmetros e a classe de 9 a 11 centímetros é a que possui maior número de indivíduos. Analisando o gráfico, também é nítido que o maior percentual de indivíduos está concentrado nas classes de menor diâmetro, o que surpreende por se tratar de florestas acima de 12 anos de idade, contudo, podemos explica-lo devido ao espaçamento reduzido utilizado nesses plantios, além da diferença de idade entre eles.

4.2 MODELOS VOLUMÉTRICOS

Utilizando os dados de volume das 322 árvores cubadas rigorosamente, foi ajustado o modelo volumétrico de Schumacher-Hall, para estimativa dos volumes.

$$\text{LnV} = -10,19188 + 1,97585 \text{ Lndap} + 0,99377 \text{ LnHt};$$

Seguem os parâmetros, a análise estatística e o gráfico de dispersão de resíduos (Tabela 2 e Figura 5).

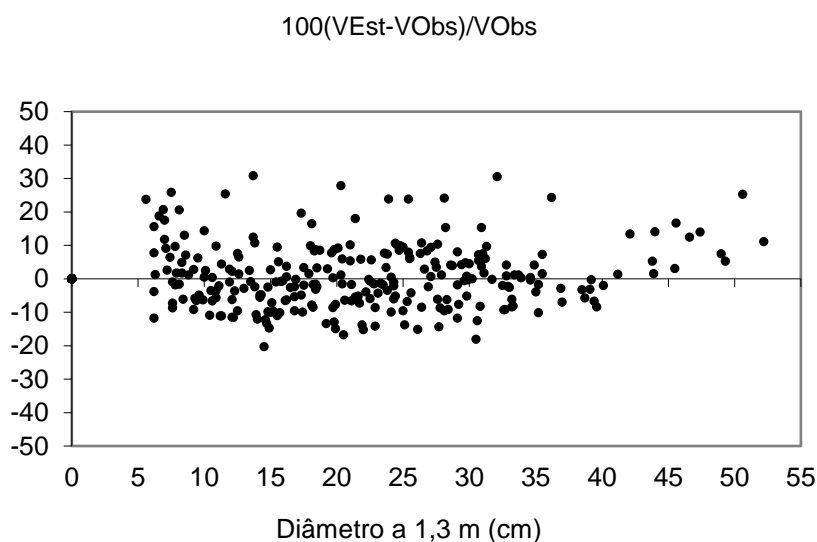
TABELA 2 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DA EQUAÇÃO DE VOLUME

Anova (Modelo: $\text{LnVcc} = b_0 + b_1\text{Lndap} + b_2\text{LnHt} + e$)				
FV	GL	SQ	QM	F
Regressão	2	615,7935134	307,8967567	35675,67076
Resíduo	319	2,753110545	0,008630441	
Total	321	618,5466239		
R2 =	0,9955			

Parâmetro	Estimativa	Erro padrão	t	
b0	-10,1918801	0,067035913	-152,03612	*
b1	1,975854396	0,028044041	70,45540904	*
b2	0,993769164	0,040904896	24,29462658	*

FONTE: O AUTOR

FIGURA 5 – GRÁFICO DE RESÍDUOS DOS VOLUMES



FONTE: O AUTOR

Através da análise estatística observamos que o modelo volumétrico ajustado à base de dados, possui R^2 acima de que 99% e erro menor que 10%. No gráfico de dispersão obtivemos um resíduo máximo de 30%.

4.3 MODELO DE AFILAMENTO

O modelo escolhido foi o de *Kozak et al.* (1969), o qual permite descrever o perfil do fuste, estimar diâmetros a qualquer altura e alturas a qualquer diâmetro, podendo ainda determinar os possíveis sortimentos de cada árvore em função de suas dimensões pré-estabelecidas. A seguir o modelo ajustado.

$$(di/DAP)^2 = 1,19803 - 2,13890 (hi/H) + 1,00189 (hi/H)^2$$

A seguir são apresentados os parâmetros, a análise estatística e o gráfico de dispersão de resíduos (Tabela 3 e Figura 6).

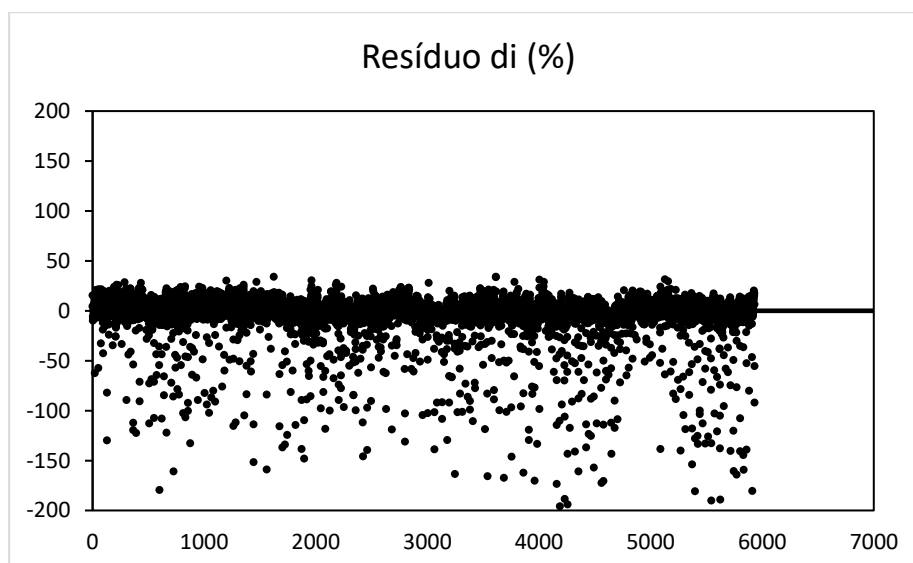
TABELA 3 – Análise Estatística do Modelo de Afilamento

Anova				
FV	GL	SQ	QM	F
Regressão	2	936,2883311	468,1441655	26416,2006
Resíduo	5931	105,108342	0,017721858	
Total	5933	1041,396673		
R2=	0,8991			

Parâmetro	Estimativa	Erro padrão	T
B0	1,1980281	0,003486346	343,6342806
B1	-2,1389027	0,020728561	103,1862607
B2	1,0018983	0,023324254	42,9552176

FONTE: O AUTOR

FIGURA 6- Gráfico de Resíduos dos Diâmetros (*Afilamento*)



FONTE: O AUTOR

Observando o gráfico de resíduos, podemos constatar que o modelo de Kozak et al. (1969) superestima os valores de diâmetros, contudo, esta característica não irá atrapalhar os objetivos do presente estudo, vide que a destinação principal é madeira para celulose, ou seja, de menores diâmetros.

4.4 INVENTÁRIO PROCESSADO E SORTIMENTOS

Com a equação ajustada foram estimados os volumes comerciais com casca para árvores individuais, em função do diâmetro a 1,30 m do solo e da altura comercial. Ao extrapolar esses valores por ha, obtivemos o volume total de 2.026.412,98 m³ e uma produção média 478,76 m³/ha.

Visando a obtenção da diversidade de produtos, foram calculados o volume de madeira destinado para cada finalidade, com intuito de encontrar uma melhor destinação para as toras que não passam no picador.

Conforme se verifica, a figura 7 apresenta a produtividade, a área e os volumes totais por sortimentos separados por idade de plantio (lote).

FIGURA 7- Resultados por lote.

Lote	Área (ha)	Produtividade (m³/ha)	Volume (m³)	Resíduo (m³)	Volume Celulose (m³)	Volume Serraria (m³)
GNSASA00646P85	36,62	213,64	7.823,44	195,71	6.249,58	1.378,16
NECOCA00316P90	272,79	593,06	161.781,87	3.771,36	143.848,76	14.161,75
NECOCA00326P92	100,49	571,02	57.381,93	1.250,96	53.689,99	2.440,99
NECOCA00333P83	85,40	658,62	56.246,05	1.294,78	50.013,00	4.938,27
NECOCA00333P89	173,07	598,12	103.516,00	2.361,43	91.730,55	9.424,01
NECOCA00333R87	32,83	574,85	18.872,38	436,79	16.637,31	1.798,29
NECOCA00376P90	120,48	396,17	47.730,76	1.068,95	44.755,75	1.906,06
NECOCE00347P89	14,52	707,78	10.277,01	246,89	9.568,51	461,61
NECOCE00347P90	27,77	537,70	14.931,97	312,91	14.136,99	482,07
NEPIAL00206P94	54,27	460,42	24.986,89	518,23	24.054,45	414,21
NEPIAL00242P97	4,97	435,27	2.163,31	41,68	2.121,62	-
NEPIAL00242R96	141,51	295,67	41.840,49	809,44	40.951,31	79,75
NEPIAL00248P90	96,50	623,81	60.197,63	1.399,27	54.731,23	4.067,13
NEPIAL00251P92	111,78	627,12	70.099,61	1.608,81	63.791,46	4.699,33
NEPIAL00253R97	23,02	371,56	8.553,28	168,49	8.377,88	6,91
NEPIIT00234P95	57,60	630,95	36.342,60	790,25	34.877,80	674,54
NEPIIT00234P97	132,61	543,22	72.036,68	1.561,70	69.711,94	763,03
NEPIIT00247R89	127,27	314,66	40.008,65	853,75	36.888,73	2.266,16
NEPIPC00212P96	33,65	245,45	8.259,49	147,42	8.112,07	-
NEPIPC00212R95	65,14	244,27	15.911,80	312,45	15.260,36	339,00
NEPIPC00214R98	141,66	401,06	56.814,43	1.075,47	55.640,45	98,51
NEPIPC00222R96	35,60	205,56	7.317,85	157,08	6.629,86	530,91
NEPIPC00225P91	71,54	495,32	35.435,43	713,33	34.019,53	702,58
NEPIPC00225R87	10,19	363,94	3.708,51	88,92	2.870,33	749,26
NEPIPC00225R89	14,43	350,82	5.062,30	107,82	4.834,85	119,63
NEPIPC00225R90	62,18	452,11	28.112,01	580,09	27.220,02	311,90
NEPIPC00225R96	31,23	565,63	17.664,72	387,32	16.445,70	831,70
NEPIPC00235R98	114,74	354,04	40.623,05	768,17	39.840,22	14,67
NEPIPC00236P93	153,19	436,44	66.857,51	1.317,59	64.368,73	1.171,19
NEPIPC00237P89	185,26	389,38	72.136,52	1.547,07	68.374,00	2.215,44
NEPIPC00238R98	68,31	258,11	17.631,37	358,95	17.198,55	73,86
NEPIPC00246P92	129,40	405,42	52.460,70	1.171,02	48.625,63	2.664,06
NEPIPC00250P92	150,08	508,07	76.251,66	1.712,10	69.359,32	5.180,23
NESBSB00161P89	17,30	555,97	9.618,36	218,03	8.534,50	865,83
NESBSB00165P89	6,23	761,00	4.741,05	129,93	3.052,40	1.558,72
NESBSB00182P96	92,26	332,59	30.684,60	670,19	29.579,95	434,46
RDBOBA00432P83	40,12	376,03	15.086,33	323,04	14.280,63	482,66
RDPOPO00401P94	75,76	665,94	50.451,82	1.172,58	46.232,73	3.046,51
RDPOPO00406P94	160,56	611,08	98.115,77	2.292,72	89.774,59	6.048,46
RDPOPO00407P94	51,52	724,08	37.304,37	889,80	32.763,75	3.650,83
RDPOPO00428P94	37,17	618,56	22.991,73	539,54	20.674,65	1.777,54
RDPOPO00433P94	49,49	512,25	25.351,29	602,76	22.239,21	2.509,32
RDPOPO00435P94	48,92	622,61	30.458,27	699,81	27.964,82	1.793,64
RDPOPO00444P92	107,01	635,28	67.980,81	1.602,05	60.224,44	6.154,32
RDPOPO00449R98	524,61	422,54	221.670,50	4.678,44	214.092,70	2.899,37
RDPOPO00450R90	106,35	526,71	56.015,72	1.337,44	49.091,71	5.586,57
RDPOPO00451P94	35,27	479,29	16.904,45	385,95	15.542,10	976,40
Total Geral	4.232,67	478,76	2.026.412,98	44.678,49	1.878.984,69	102.749,81

Dessa forma, com a utilização da equação de afilamento, verifica-se que do volume total encontrado, 1.878.984,69 m³ poderão ser destinados à produção de celulose, enquanto 102.749,81 m³ servirão de madeira para serraria e o volume restante para resíduo (44.678,49 m³).

5. CONCLUSÃO

Considerando todas as dificuldades em quantificar com exatidão a classificação das madeiras para o processo de celulose, especialmente em razão das inúmeras adversidades de condições climáticas, relevo, dentre outros, a equação de *afilamento*, combinada com o modelo de *Kozak* em muito contribuiu para o resultado do presente trabalho.

A análise realizada permite concluir que a equação de volume selecionada se ajustou bem aos dados observados, conforme estatísticas apresentadas e estimativas precisas geradas.

A equação ajustada pelo modelo de *Kozak*, permitiu estimar diâmetros ao longo de todo o tronco com maior precisão, conforme estatísticas relacionadas e consideradas para validação.

A equação de *afilamento* ajustada permitiu claramente estimar o volume de madeira correspondente, considerando a destinação de uso para celulose e para serraria, avaliado a partir da floresta em pé, permitindo assim um planejamento eficaz para o corte da floresta.

Estudos desta natureza permitem ao manejador da floresta estimar o volume comercial de madeira e também o volume aproveitável do tronco conforme o uso desejado, em função do comprimento e diâmetro da tora.

Sob a ótica de uma empresa de produção de celulose, os resultados obtidos são satisfatórios, vide que mais de 90% do volume presente nessas florestas terão essa destinação, além de permitir um planejamento e cálculo mais exato sobre todo o seu processo de fabricação, bem como financeiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIGING, G. S. *Taper equations for second mixed-conifers of Northean California*. **Forest Science**, vol. 30, n.4, p.1103-1117, 1984.

BINOTI, M. L. M. S. **Rede neurais artificiais para prognose da produção de povoamentos não desbastados de eucalipto**. 2010. 54 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

BURKHART, H. E. *Cubic-foot volume of Loblolly Pine to any merchantable top limit*. **Southern Journal of Applied Forestry**, vol. 1, n.2, p.7-9, 1977.

DEMAERSCHALK, J. P. *Converting volume equations to compatible taper equations*. **Forest Science**, vol. 18, n.3, p.241-245, 1972.

Guia ABTCP. **A Indústria de Celulose e Papel no Brasil**, 2015. Disponível em: <http://www.eucalyptus.com.br/artigos/2015_ABTCP_Panorama_Setorial.pdf> Acessado em 20/08/2017.

GOULDING, C. J.; MURRAY, J. C. *Polynomial taper equations that are compatible with tree volume equations*. **New Zealand Journal of Forest Science**, vol. 5, 313-322, 1976.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration**. 2.ed. New York: The Ronald Press Company, 1972.

KOZAK, A.; MUNRO, D. D.; SMITH, J. G. H. *Taper function and their application in forest inventory*. **The Forestry Chronicle**, v. 45, n. 4, p. 278-283, 1969.

MIGUEL, E.P.; Avaliação biométrica e prognose da produção de *Eucalyptus urophylla* (S.T. Blake) na região norte do estado de Goiás. Curitiba: UFPR. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, 2009.

Relatório Anual IBÁ. **Celulose e Papel**. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016.pdf> Acessado em 12/09/2017.

SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. *Logarithmic expression of timber-tree volume*. **Journal of Agricultural Research**, vol.47 , n.9, p.719-734, 1933.

SILVA, M.L. *Análise econométrica do mercado brasileiro de celulose e de papel e papelão*. Viçosa: UFV, 1996. 120p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1996.